

Evolution des précipitations extrêmes en contexte de changement climatique

J-M Soubeyrou¹, Luc Neppel², J-M Veysseire¹, Y Tramblay²,
J Carreau², V Gouget¹

1 : Météo-France, Direction de la Climatologie, Toulouse
2 : Laboratoire Hydro-Sciences Montpellier

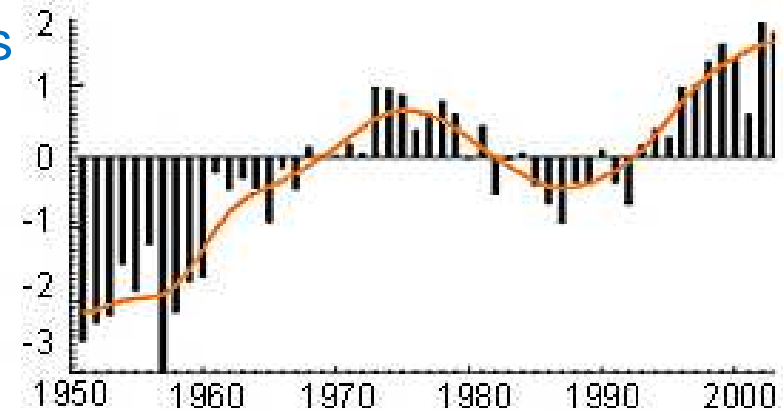
ExtraFlo



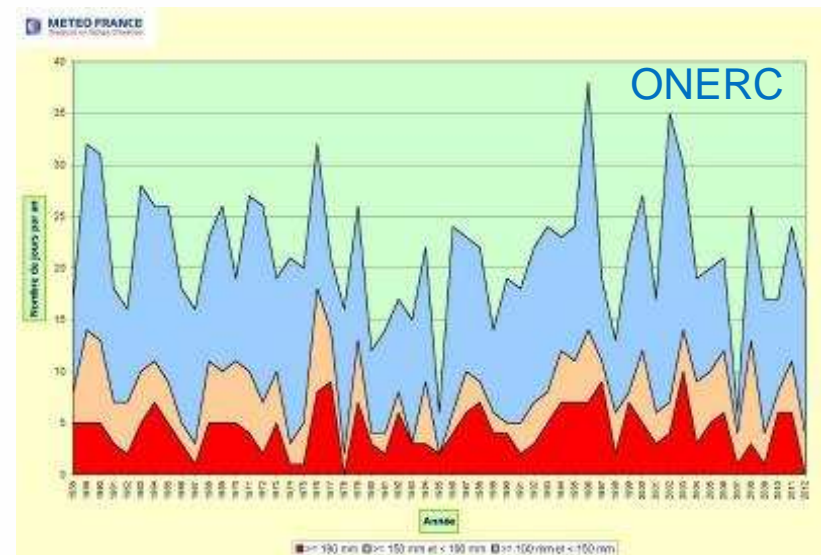
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Etat des lieux de la question

- « La fréquence ou l'intensité des épisodes de fortes précipitations a probablement augmenté en Amérique du Nord et en Europe » (Rapport I, GIEC, 2013)
- Lien physique entre augmentation de température et précipitation: loi de Clausius-Clapeyron
- De premiers signaux d'une hausse des pluies extrêmes à l'échelle mondiale
- Un diagnostic à l'échelle nationale plus difficile à établir :
 - Projet IMFREX (1901-2000)
 - Indicateur ONERC (maj 2012)



Indice normalisé du nombre moyen de jours où les pluies ont dépassé 10 mm à l'échelle planétaire (6600 postes) selon source Hadley Center



Evolution du nombre annuel de jours de pluies sup à 100, 150 ou 190 mm sur les régions méditerranéennes de la France de 1958 à 2012

Différentes approches méthodologiques

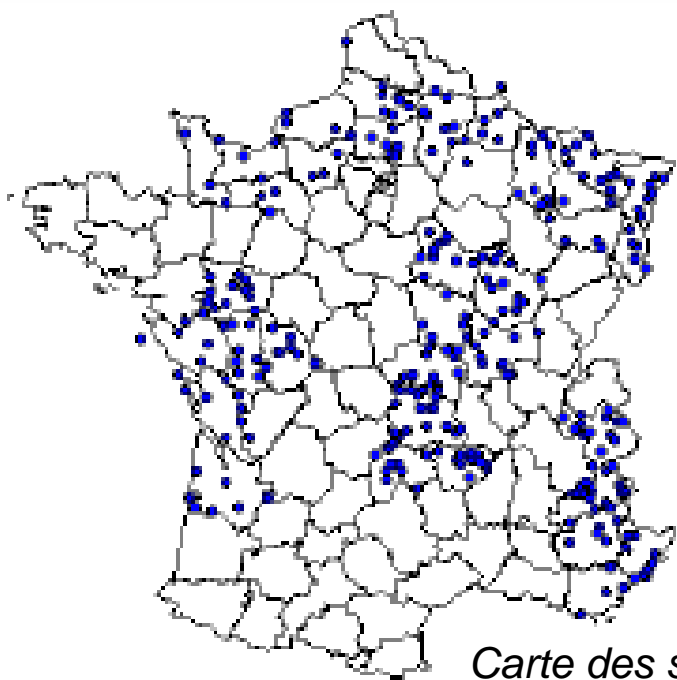
Eléments analytiques

- Approche directe basée sur les séries locales :
Max annuel, sup seuil, quantiles observées
-> Significativité selon le test de Mann Kendall (confiance à 95%)
- Utilisation de modèle statistique « classique »
sur les valeurs extrêmes : Gumbel, GEV, GP
-> Expression sous la forme : pour $\xi \neq 0$
$$G(s) = P(X < s) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{s - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}.$$

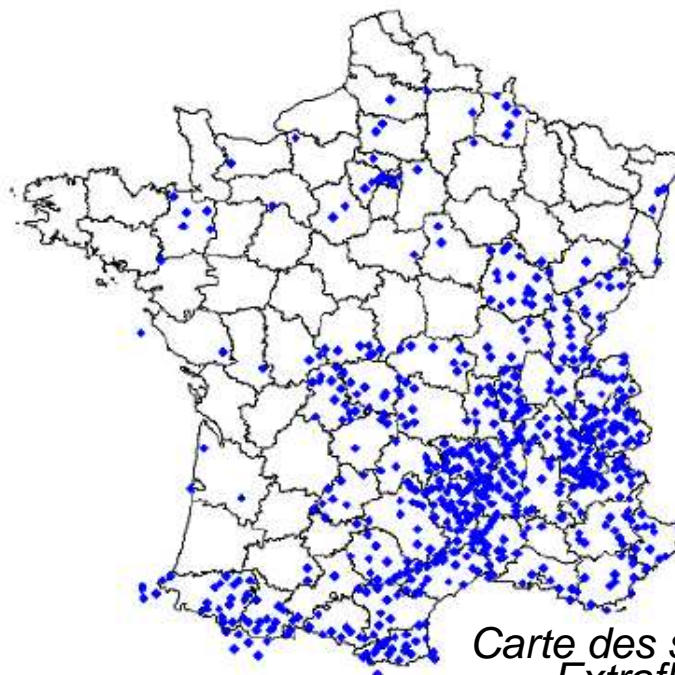
Avec μ paramètre de position, σ paramètre d'échelle et ξ de forme
$$\mu(t) = \mu_0 + \beta_0 * t$$
$$\sigma(t) = \exp(\sigma_0) * \exp(\beta_0 * t)$$
- Evaluation de modèles GEV/GP non stationnaires, fonction du temps ou de co-variables climatiques
- Autres approches statistiques : modèle stochastique sur les pluies (SHYREG)
- Test de la déviance pour le choix du meilleur modèle
- Approches physiques par les modèles de climat et méthodes d'extrapolation sur les extrêmes

Sélection des jeux de données

- Forte sensibilité des résultats des études à la qualité et à la dimension du jeu de données utilisé
- Sélection attentive des meilleures séries actuelles de Métropole :
 - 693 longues séries (plus de 50 ans) issues du projet Extraflo (EDF et Météo-France) en majorité sur la moitié sud est du pays (à gauche)
 - 278 nouvelles séries SQR sur les 2/3 nord du pays (au centre)



Carte des séries
SQR

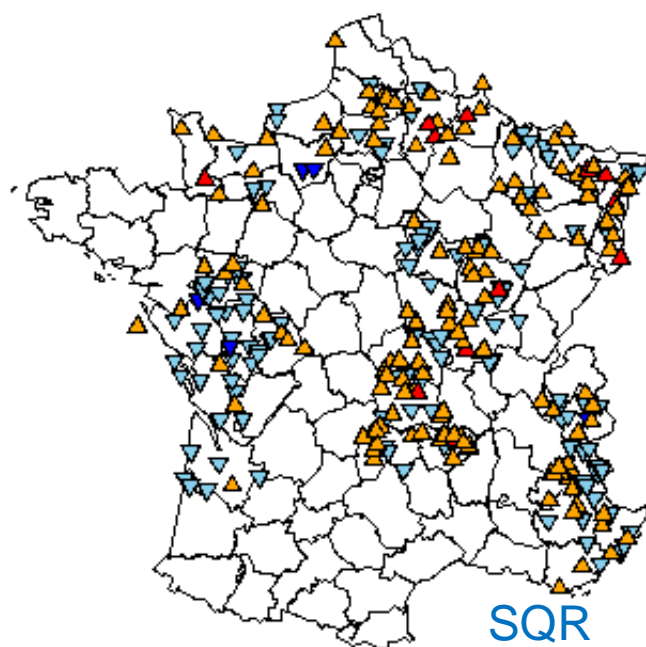
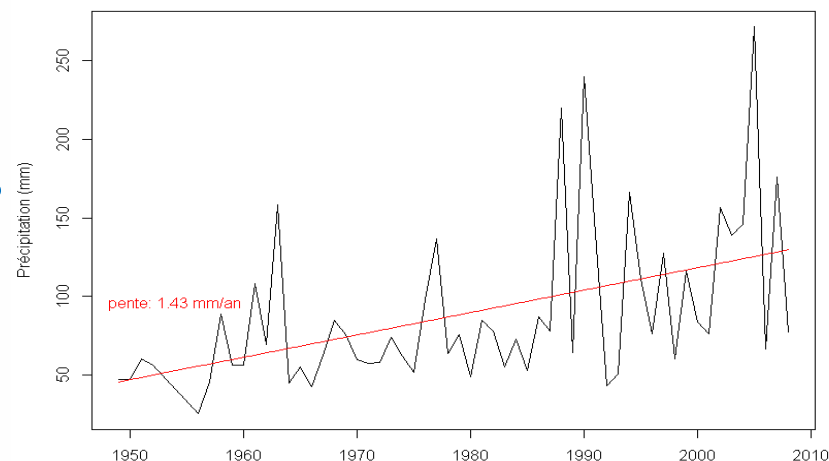


Carte des séries
Extraflo

Analyse des tendances sur les séries locales

- Forte variabilité inter-annuelle (voir série Nimes) peu adaptée avec la recherche d'une tendance linéaire
- Des tendances à la hausse majoritaires sur le jeu Extraflo (jusqu'à 80 % sur la zone Méditerranéenne) mais rarement significatives (10%)
- Encore moins de tendance significative sur le jeu SQR

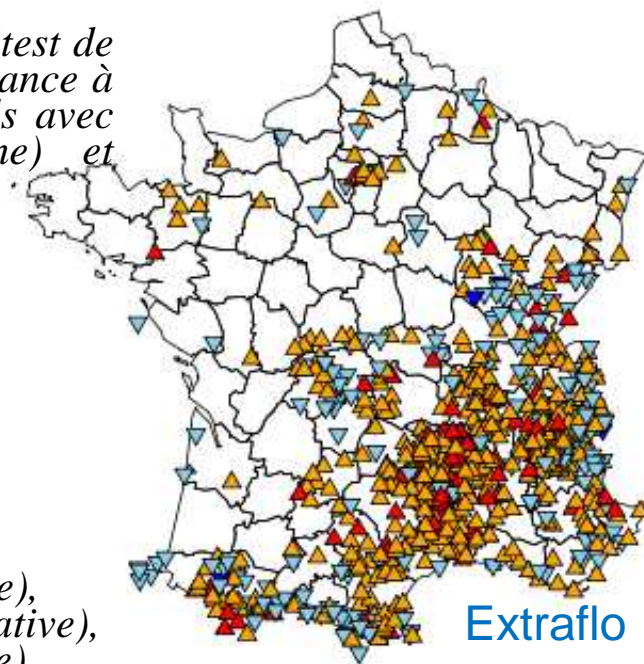
Evolution du maximum annuel de la station NIMES



SQR

Significativité des tendances (test de Mann Kendall avec une confiance à 95%) sur les maxima annuels avec les séries SQR (à gauche) et Extraflo (à droite) :

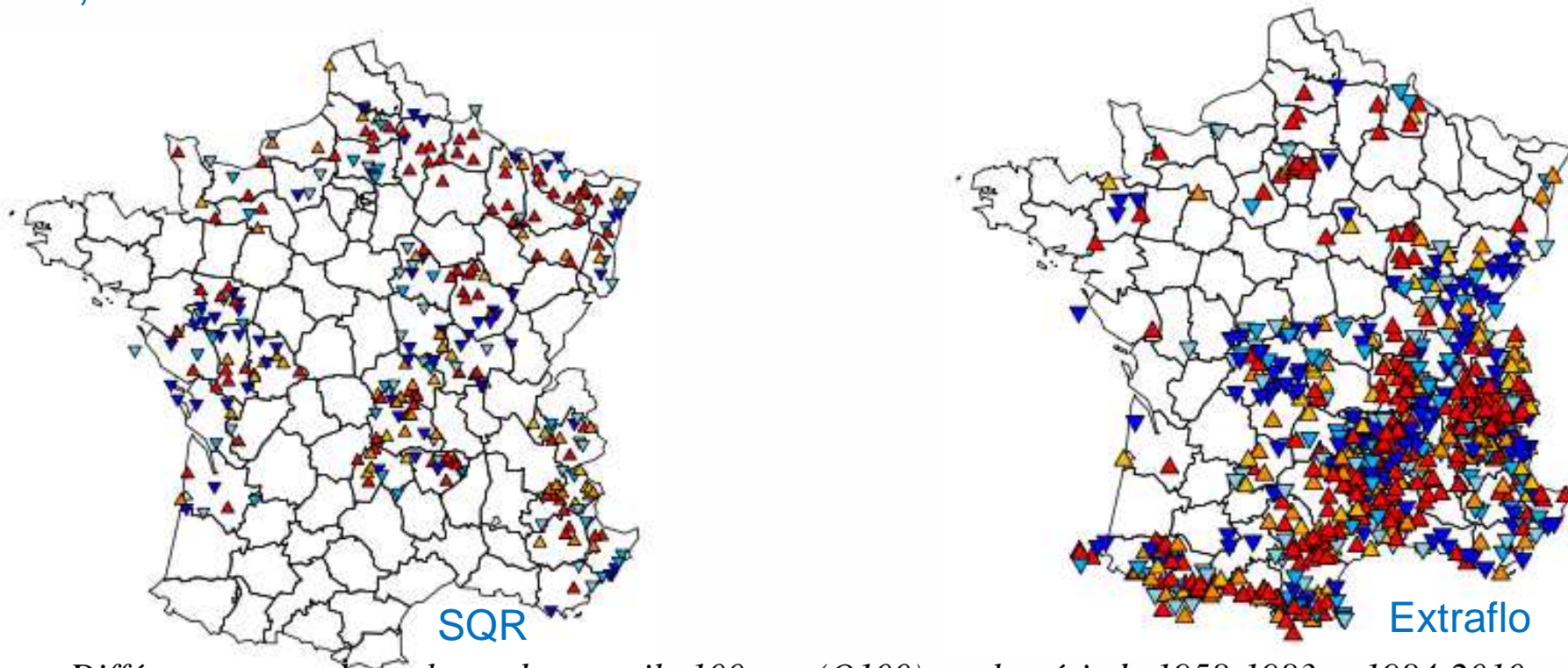
*Légende :
rouge (hausse significative),
jaune (hausse non significative),
bleu clair (baisse non significative),
bleu foncé (baisse significative)*



Extraflo

Evolution des quantiles 100 ans

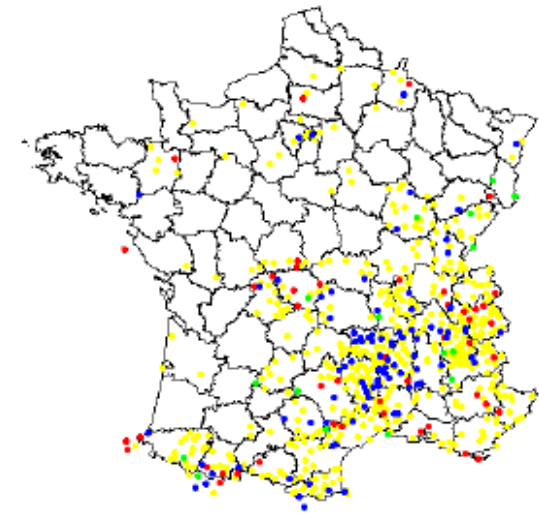
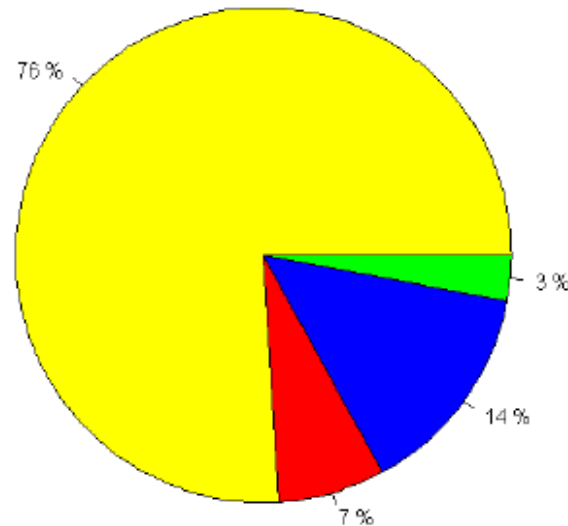
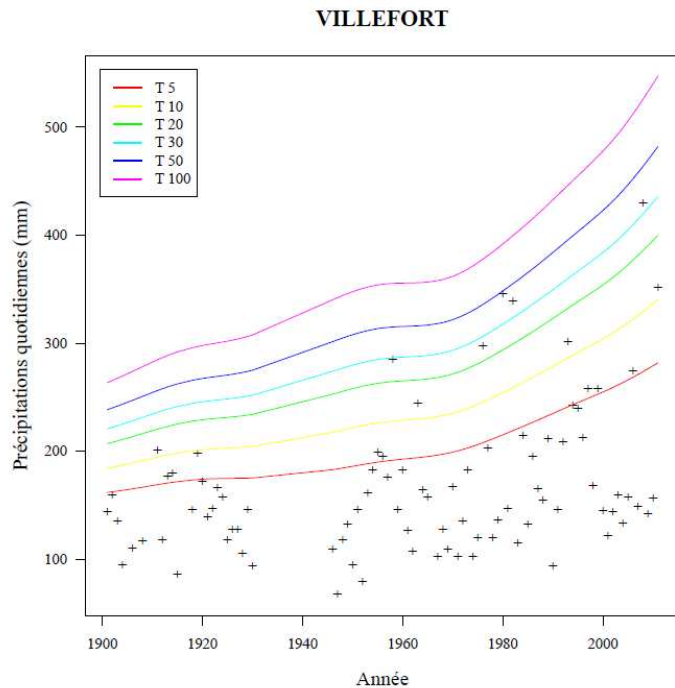
- Selon loi GEV estimée sur 2 périodes (1958-1983 et 1984-2010)
- Hausse majoritaire du quantile centennal dans les 2 jeux de données (environ 60% des séries) mais sans grande cohérence spatiale
- Une évolution essentiellement due à l'évolution du paramètre d'échelle σ , notamment en zone Méditerranéenne



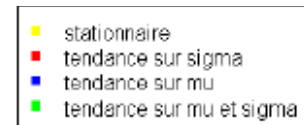
Différences entre les valeurs du quantile 100 ans (Q_{100}) sur la période 1958-1983 et 1984-2010 avec les séries SQR (à gauche) et Extraflo (à droite): rouge (sup à 20%), jaune (entre 0 et 20%), bleu clair (entre 0 et -20%), bleu foncé (inf à -20%)

Test de loi GEV non stationnaire

- Introduction d'une dépendance temporelle dans la loi GEV sur μ et/ou σ : voir exemple sur la série de Villefort (48)
- Modèle tendanciel meilleur que le modèle stationnaire pour seulement 25% des séries : tendance sur μ surtout pertinente en zone de relief

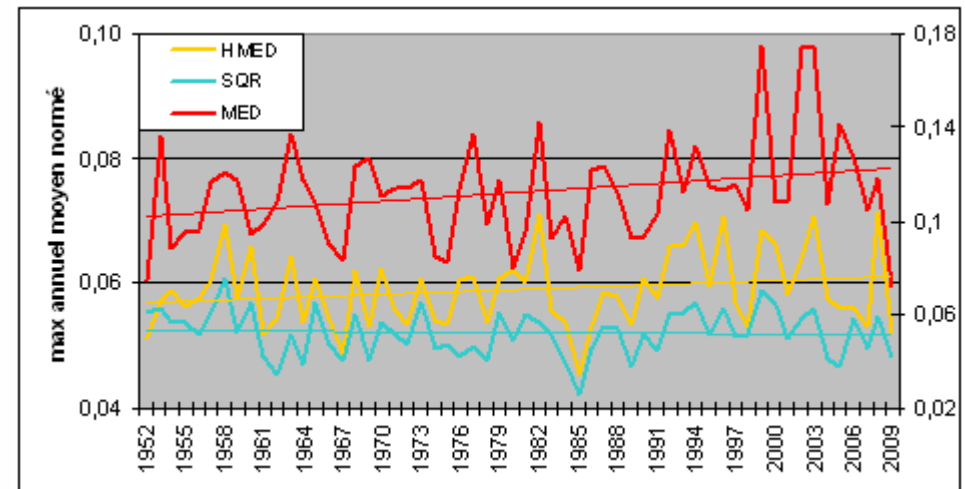


Exemple : application d'une loi GEV
7 tendanciel (μ) sur la série de
Villefort (48)



Analyse du comportement régional

- Construction de séries régionales normalisées (ratio max annuel/cum annuel) sur les 2 jeux de données
- Tendance à la hausse de la série Méditerranée du jeu Extraflo (courbe rouge) principalement due à 3 années remarquables (1999, 2002, 2003)
- Tendance peu ou pas visible sur les 2 autres courbes (Extraflo et SQR) sur le reste de la France
- Tendance et/ou variabilité naturelle : analyse en SSA met en évidence un signal quinquennal sur la série Méditerranée (à relier à NAO) et décennal faible sur les séries France



Evolution temporelle de séries régionalisées de maximum annuel journalier normé sur la période 1952-2009 et tendance linéaire : Méditerranée (rouge), Hors Méditerranée (jaune), SQR (bleu)

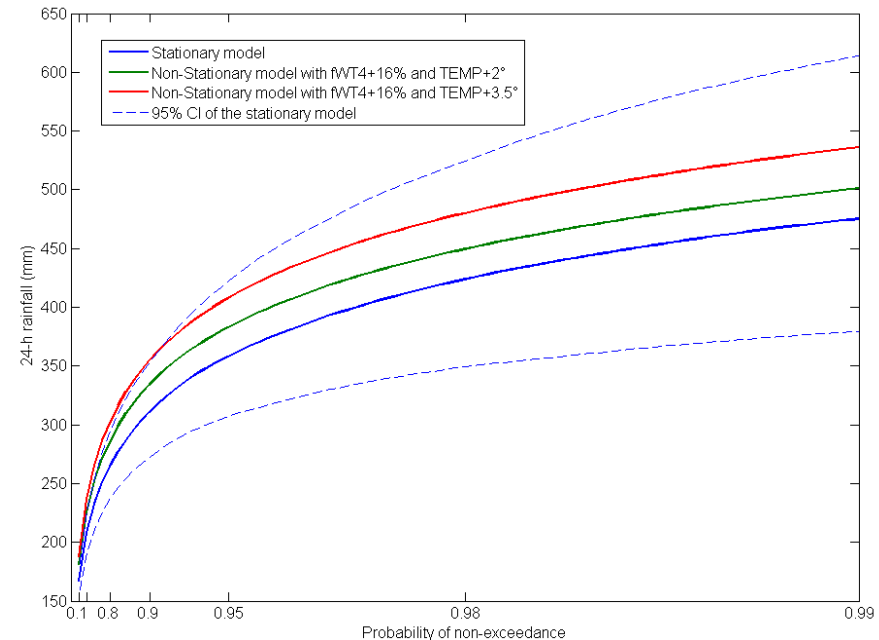
Recherche de co-variables climatiques

- Recherche d'explication de la variabilité et tendance sur les pluies extrêmes à travers des modèles EVT (loi de Poisson et loi GP) avec co-variables climatiques
- Application sur une zone test homogène : les Cévennes (44 séries)
- Tests des paramètres suivants :
 - ✓ paramètres atmosphériques de surface (température, humidité)
 - ✓ fréquence des types de temps associés aux pluies intenses
 - ✓ indice de circulation MO (Mediterranean Oscillation)
 - ✓ anomalie de SST
- Meilleur modèle en loi de Poisson avec la fréquence des situations de Sud et modèle GP avec paramètre σ fonction de la température mensuelle

- Sur la base de l'hypothèse de la persistance de la liaison entre pluies extrêmes et co-variables climatiques en climat futur

- A partir d'un scénario Arpège A2 avec à la fin du XXIème siècle : +16% de situations de sud et une hausse des températures entre 2 et 3,5°C

- Hausse du quantile centennal de 9 à 16% avec un modèle non stationnaire (courbe rouge ou verte) par rapport à un modèle stationnaire (courbe bleue)



Quantiles correspondant à la probabilité de non-dépassement de 0,1 à 0,99 obtenus avec un modèle POT stationnaire et 2 modèles non stationnaires selon différentes hypothèses d'évolution de la fréquence des flux de sud à est en Méditerranée et de hausse des températures moyennes (Tramblay et al, 2013).



Conclusions et perspectives

- Des indices d'une évolution à la hausse des précipitations extrêmes, cohérents avec les diagnostics des modèles climatiques
- A l'échelle locale, difficulté à obtenir des diagnostics statistiquement significatifs notamment du fait de la variabilité spatiale et interannuelle du paramètre
- Utilisation prometteuse de co-variables climatiques pour l'analyse de la variabilité temporelle des extrêmes et les applications en climat futur



Conclusions et perspectives

- Travail à consolider dans plusieurs axes :
 - Utilisation de panel complet de séries SQR de précipitation sur la France : disponibilité en 2014
 - Extension des modèles GEV/GP non stationnaires avec des co-variables climatiques sur d'autres territoires
 - Prise en compte des nouvelles projections climatiques CMIP5

Merci de votre attention